

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-234308

(43)Date of publication of application : 31.08.2001

(51)Int.Cl.

C22F 1/04
// C22F 1/00
C22K 3:00

(21)Application number : 2000-038679

(71)Applicant : KAWASAKI HEAVY IND LTD

(22)Date of filing : 16.02.2000

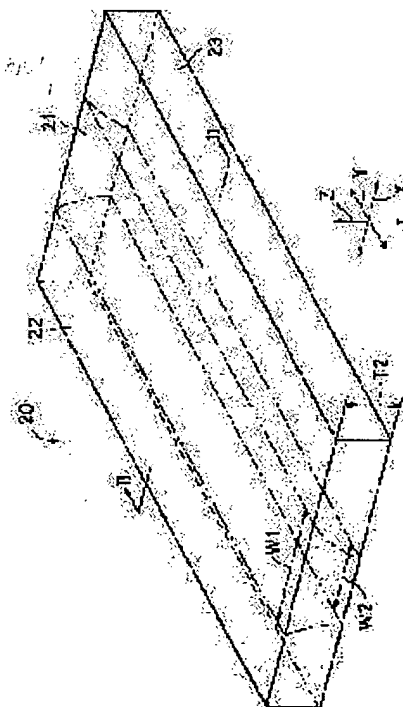
(72)Inventor : TAIRA HIROHITO
MIZUTA AKINORI
IKEMOTO KIWA

(54) METALLIC FORMED STOCK AND ITS FORMING METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a metallic formed stock forming method by which a metal formed stock can easily and efficiently be formed and the shape of the stock to be formed is not limited.

SOLUTION: A pin is inserted into a base material, a sliding piece is moved while being slid on the base material, the original crystal grains of the base material are collapsed along the moving path of the sliding piece by plastic fluidity, then are recrystallized, and fine crystal grains are formed. In this way, by the mechanical recrystallization, a fine crystal part 21 where the crystal grains are locally refined is formed. In this metallic formed stock 20, only the fine crystal part 21 exhibits superplasticity, and in the remaining parts 22 and 23, superplasticity is not exhibited.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 16.02.2000

[Date of sending the examiner's decision of] 07.01.2003

THIS PAGE BLANK (USPTO)

rejection]

[Kind of final disposal of application other than
the examiner's decision of rejection or
application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection] 2003-01977

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection] 06.02.2003

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

特許庁 登録部

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2001-234308
(P2001-234308A)

(43)公開日 平成13年8月31日(2001.8.31)

| (51)Int.Cl. ⁷ | 識別記号 | F I | テ-マ-ト*(参考) |
|--------------------------|-------|--------------|------------|
| C 2 2 F 1/04 | | C 2 2 F 1/04 | Z |
| // C 2 2 F 1/00 | 6 0 4 | C 2 2 F 1/00 | 6 0 4 |
| | 6 1 3 | | 6 1 3 |
| | 6 3 0 | | 6 3 0 K |
| | 6 9 1 | | 6 9 1 Z |

審査請求 有 請求項の数 8 O L (全 14 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2000-38679(P2000-38679)

(22)出願日 平成12年2月16日(2000.2.16)

(71)出願人 000000974

川崎重工業株式会社

兵庫県神戸市中央区東川崎町3丁目1番1号

(72)発明者 平 博仁

岐阜県各務原市川崎町1番地 川崎重工業株式会社岐阜工場内

(72)発明者 水田 明能

兵庫県明石市川崎町1番1号 川崎重工業株式会社明石工場内

(74)代理人 100075557

弁理士 西教 圭一郎 (外3名)

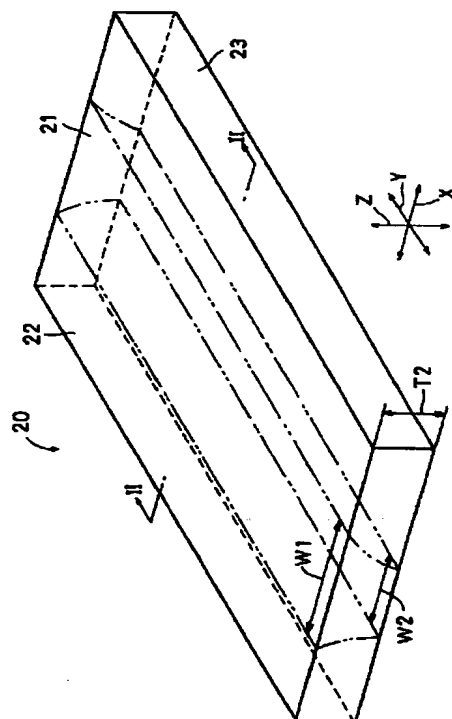
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 金属成形素材およびその形成方法

(57)【要約】

【課題】 容易にかつ手間を少なくして成形することができ、形成すべき金属成形素材の形状が限定されない金属成形素材の形成方法を提供する。

【解決手段】 母材にピンが挿入され、この摺動片が母材に対して摺動されながら移動され、この摺動片の移動経路に沿って塑性流動によって、母材の元の結晶粒が潰されて、その後、再結晶して微細な結晶粒が形成される。このように機械的再結晶によって、局部的に結晶粒が微細化された微細結晶部21が形成される。このような金属成形素材20では、微細結晶部21だけが超塑性を発現し、残余部22、23では、超塑性は発現しない。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 局部的に結晶粒が微細化され、この結晶粒が微細化された微細結晶部が、所定温度および所定歪速度で超塑性を発現することを特徴とする金属成形素材。

【請求項2】 金属成形素材を形成するための母材に摺動片が挿入され、この摺動片が母材に対して摺動されながら移動されて、この摺動片の移動経路に沿って局部的に結晶粒が微細化されていることを特徴とする請求項1記載の金属成形素材。

【請求項3】 融点未満の変態点で相変態する金属から成る金属成形素材を形成するための母材が、局部的に前記変態点を通過する温度変化サイクルで熱処理が繰返され、この熱処理された微細結晶部の結晶粒が微細化されていることを特徴とする請求項1記載の金属成形素材。

【請求項4】 金属成形素材を形成するための母材の結晶粒を局部的に潰すことによって、この結晶粒を潰した潰結晶部において再結晶させることを特徴とする金属成形素材の形成方法。

【請求項5】 金属成形素材を形成するための母材に摺動片を挿入し、この摺動片を母材に対して摺動させながら移動させ、この摺動片の移動経路に沿って局部的に再結晶させることを特徴とする請求項4記載の金属成形素材の形成方法。

【請求項6】 融点未満の変態点で相変態する金属から成る金属成形素材を形成するための母材を、局部的に前記変態点を通過する温度変化サイクルで熱処理を繰返して、この熱処理をした微細結晶部で再結晶させることを特徴とする請求項4記載の金属成形素材の形成方法。

【請求項7】 請求項1～3のいずれかに記載の金属成形素材の前記微細結晶部が超塑性加工されて成形されることを特徴とする成形部材。

【請求項8】 請求項1～3のいずれかに記載の金属成形素材を用いて、前記微細結晶部を超塑性加工し、成形部材を成形することを特徴とする成形方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、超塑性加工に好適に用いることができる金属成形素材およびその形成方法に関するとともに、その金属成形素材を用いて成形する成形部材および成形方法に関する。

【0002】

【従来の技術】構造用材料には、金属材料および樹脂系材料がある。構造物の多様化および複雑化に伴って、複雑な形状の成形部材を形成しやすい樹脂系材料が、構造用材料として広く利用されている。これに対して環境問題を視野に入れ、樹脂系材料に比べてリサイクル性に優れた金属材料のさらなる利用が望まれている。前述のように多様化および複雑化した構造物に用いる構造用材料として、金属材料をさらに広く利用するためには、複雑

な形状に成形することができるよう、金属成形素材は、大きな塑性変形が可能でなければならない。

【0003】金属材料は、結晶粒を微細化することによって、所定温度下で所定歪速度で外力を与えたときに、伸びが数100%になる状態まで塑性変形させることができる超塑性を発現することが知られている。したがって結晶粒を微細化した金属成形素材を用いることによって、大きく塑性変形させて複雑な形状の成形部材を成形することができる。このような結晶粒が微細化された金属成形素材は、母材を圧延または押出することによって、結晶粒を押し潰した後に、全体を再結晶または相変態を伴って再結晶させて形成している。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】このように圧延や押出して得られる従来の技術の超塑性可能な金属成形素材は、板状または型材に限定されてしまううえ、材質が炭素鋼やチタン材等の固相変態するもの、またアルミ合金で再結晶成長が抑制される合金成分を含むものなどに限定されてしまう。また超塑性成形は、通常金属成形素材に各部の成形量（変形量）に応じてガス圧を調整しながらガスによって押圧力を与え、全体を所定形状に成形しているが、全体が均質に結晶粒が微細化されている金属成形素材では、塑性加工時に、塑性変形させたい部分だけを変形させるように変形不要部分を拘束する必要がある、成形が困難であるケースもある。

【0005】具体的に例を挙げて説明すると、図16に示すようにL字形の成形部材1は、平板状の金属成形素材2を中央部3で折曲げ加工して成形することができるが、超塑性の発現を必要とするのは、中央部3だけであり、その両側の各側部4、5は超塑性の発現を必要としない。これら各側部4、5が超塑性を発現すると、各側部4、5が変形しないようにしなければならず、ガス圧調整や他の荷重負荷手段による荷重調整などが困難であるとともに手間を要し、成形が困難になりかつ成形に手間を要してしまう。

【0006】また図17に示すようにL字形でかつ中央部で折れ曲がった成形部材7は、たとえば押出型材であるL字形の金属成形素材8を中央部9で曲げ加工して形成することができるが、曲げ加工にあたっては、図16に示した成形の場合と同様の課題を有する。さらに図18に示すように一部分が平板状の残余の部分から突出したような成形部材10は、平板状の金属成形素材の一部分を厚み方向一方に深絞りするようにして成形することができるが、この場合もまた、図16に示した成形の場合と同様の課題を有する。

【0007】したがって本発明の目的は、容易にかつ手間を少なくして成形することができる金属成形素材およびその形成方法を提供することである。

【0008】また本発明の他の目的は、形成すべき金属成形素材の材質が従来よりも広範囲を対象とできる金属

成形素材の形成方法を提供することである。

【0009】本発明のさらに他の目的は、形成すべき金属成形素材の形状が限定されない金属成形素材の形成方法を提供することである。

【0010】

【課題を解決するための手段】請求項1記載の本発明は、局部的に結晶粒が微細化され、この結晶粒が微細化された微細結晶部が、所定温度および所定歪速度で超塑性を発現することを特徴とする金属成形素材である。

【0011】本発明に従えば、結晶粒が微細化された微細結晶部が、所定温度および所定歪速度で超塑性を発現し、残余部は超塑性を発現しないので、この金属成形素材を塑性加工するにあたって、残余部が変形しないようにするために細かい領域毎に作用させる力を異ならせるまたはそのための治具を用いるなどの細かな作業および操作を必要としない。したがって残余部が変形しないようにするための手間および治具を必要とせず、容易にかつ手間を少なくして成形することができる。

【0012】請求項2記載の本発明は、金属成形素材を形成するための母材に摺動片が挿入され、この摺動片が母材に対して摺動させながら移動されて、この摺動片の移動経路に沿って局部的に結晶粒が微細化されていることを特徴とする。

【0013】本発明に従えば、摺動片が母材に対して摺動させながら移動されて、この摺動片の移動経路に沿って局部的に結晶粒が微細化されているので、摺動片の移動経路近傍だけで超塑性が発現する。この金属成形素材は、微細結晶部を除く残余部の結晶粒は、微細化されておらず、成形をさらに容易にかつ形状的に精度の高い成形を可能にすることができる。

【0014】請求項3記載の本発明は、融点未満の変態点で相変態する金属から成る金属成形素材を形成するための母材が、局部的に前記変態点を通過する温度変化サイクルで熱処理が繰返され、この熱処理された微細結晶部の結晶粒が微細化されていることを特徴とする。

【0015】本発明に従えば、母材が局部的に変態点を通過する温度変化サイクルで熱処理が繰返されて局部的に結晶粒が微細化されているので、熱処理領域近傍だけで超塑性が発現する。この金属成形素材は、微細結晶部を除く残余部の結晶粒は、微細化されておらず、成形をさらに容易にかつ形状的に精度の高い成形を可能にすることができる。

【0016】請求項4記載の本発明は、金属成形素材を形成するための母材の結晶粒を局部的に潰すことによって、この結晶粒を潰した潰結晶部において再結晶させることを特徴とする金属成形素材の形成方法である。

【0017】本発明に従えば、母材の結晶粒が局部的に潰されることによって、この潰結晶部において再結晶し、再結晶した結晶粒は微細な結晶粒となる。これによって局部的に結晶粒が微細化され、この微細結晶部を、

所定温度および所定歪速度で超塑性が発現可能にすることができる。金属成形素材を形成するための母材全体の結晶粒を微細化する場合と比べて、結晶粒の微細化のための処理量を少なくすることができる。したがって処理の手間を少なく、安価にかつ短時間で処理することができる。

【0018】請求項5記載の本発明は、金属成形素材を形成するための母材に摺動片を挿入し、この摺動片を母材に対して摺動させながら移動させ、この摺動片の移動経路に沿って局部的に再結晶させることを特徴とする。

【0019】本発明に従えば、母材に摺動片を挿入して摺動させながら移動させ、再結晶させて結晶粒を微細化するので、形成すべき金属成形素材と同形状の母材を準備すれば、その形状を変形させることなく、必要とする形状であり、かつ局部的に結晶粒が微細化された金属成形素材を形成することができる。したがって平坦板状に限らず、たとえば筒状および棒状などの形状も含め、形成すべき金属成形素材の形状に制限を受けることがない。また摺動片を摺動させながら移動させるだけで結晶粒を微細化することができるので、容易にかつ大がかりな装置を用いることなく微細化処理して金属成形素材を形成することができる。また摺動片を移動させた移動経路の近傍だけで結晶粒を微細化することができ、超塑性を発現させたい領域だけにおいて結晶粒を微細化することが可能であり、場所的に精度の高い領域の結晶粒を微細化した精度の高い金属成形素材を形成することができる。とともに、超塑性を発現させたい領域が小さい金属成形素材であっても容易に形成することができる。なお摺動片による局部微細結晶化処理を、連続的に全体に施すことによって従来の全体が微細結晶化した成形素材を得ることもできる。さらにこの方法によれば、従来の圧延および押出しによる方法では、結晶粒の微細化が難しかったマグネシウム合金などから容易にそれらを形成させることが可能になり、金属成形素材を形成するための材質の適用範囲を広くすることができる。

【0020】請求項6記載の本発明は、融点未満の変態点で相変態する金属から成る金属成形素材を形成するための母材を、局部的に前記変態点を通過する温度変化サイクルで熱処理を繰返して、この熱処理をした微細結晶部で再結晶させることを特徴とする。

【0021】本発明に従えば、母材を、局部的に変態点を通過する温度変化サイクルで熱処理を繰返して再結晶させ、微細結晶部の結晶粒を微細化するので、形成すべき金属成形素材と同形状の母材を準備すれば、その形状を変形させることなく、必要とする形状であり、かつ局部的に結晶粒が微細化された金属成形素材を形成することができる。したがって平坦板状に限らず、たとえば筒状および棒状などの形状も含め、形成すべき金属成形素材の形状に制限を受けることがない。また熱処理をするだけで結晶粒を微細化することができるので、形成が容

易である。また熱処理した領域近傍だけで結晶粒を微細化することができ、超塑性を発現させたい領域だけにおいて結晶粒を微細化することが可能であり、場所的に精度の高い領域の結晶粒を微細化した精度の高い金属成形素材を形成することができる。また熱処理は広範囲にわたって処理することが可能であり、超塑性を発現させるべき微細結晶部が広い金属成形素材を容易に形成することができる。

【0022】請求項7記載の本発明は、請求項1～3のいずれかに記載の金属成形素材の前記微細結晶部が超塑性加工されて成形されることを特徴とする成形部材である。

【0023】本発明に従えば、局部的に超塑性を発現する金属成形素材の微細結晶部が超塑性加工されて成形されているので、超塑性を発現しない残余部は、変形していない精度の高い成形部材を得ることができる。

【0024】請求項8記載の本発明は、請求項1～3のいずれかに記載の金属成形素材を用いて、前記微細結晶部を超塑性加工し、成形部材を成形することを特徴とする成形方法である。

【0025】本発明に従えば、局部的に超塑性を発現する金属成形素材の微細結晶部を超塑性加工し、成形部材を成形するので残余部の変形を容易に防止することができ、成形部材を容易に成形することができる。

【0026】

【発明の実施の形態】図1は、本発明の実施の一形態の金属成形素材20を示す斜視図であり、図2は、図1の切断面線I-Iから見た金属成形素材20の組織構造を示す断面図であり、図3は、図2の微細結晶部21を拡大して示す断面図である。金属成形素材20は、平板板状の素材であり、当然に金属から成っている。金属は、たとえば軽金属または軽金属合金、さらに具体的にはアルミニウム合金(A15083またはA16061)、高力アルミニウム合金(たとえばA17075)またはアルミニウム-リチウム合金(A1-Li2094)であってもよい。また金属は、アルミニウム合金に代えて、チタンまたはその合金であってもよいし、マグネシウムなどの他の軽金属またはその合金であってもよいし、また炭素鋼およびステンレス鋼などの鋼などであってもよいし、これら以外の単一元素の金属およびその合金であってもよい。

【0027】この金属成形素材20は、局部的に結晶粒が微細化され、この結晶粒が微細化された微細結晶部21が、所定温度および所定歪速度で超塑性を発現するように構成されている。図2に示されるように、微細結晶部21の結晶粒は、微細結晶部を除く残余部22、23よりも微細である。金属成形素材20では、幅方向Xに関して中央部であり、厚み方向Zに関して全領域にわたり、かつ長手方向Yの全領域にわたって延びる部分である微細結晶部21において結晶粒が微細化されている。

さらに具体的には、微細結晶部21の長手方向Yに垂直な断面の形状は、長手方向Yに関してほぼ一様である。この例示の場合は厚み方向一方側の幅が厚み方向他側の幅よりも大きくなるようにテーパ状であるが、この断面形状は処理方法によって同一幅等に制御可能である。幅方向X、長手方向Yおよび厚み方向Zは、相互に垂直である。

【0028】超塑性は、金属の種類などによって決定される温度および歪速度で歪を生じさせると、伸び率が数100%になるまで塑性変形することができる性質であって、結晶粒が微細である場合に温度および歪速度が所定の条件下にあれば超塑性を発現する。金属が高力アルミニウム合金である素材では、結晶粒が粒径10 μ m程度以下の微細な結晶粒である場合に、たとえば温度が500℃程度で歪速度が10⁻³mm/sec程度のときに、超塑性を発現する。金属成形素材20では、微細結晶部21の結晶粒は、図3に示すように粒径が1 μ mであって超塑性を発現可能に微細な結晶粒であるのに対して、微細結晶部21の両側の各残余部22、23の結晶粒は、微細結晶部21が超塑性を発現する条件下におかれても超塑性を発現しない粒径の微細でない結晶粒である。

【0029】図4は、金属成形素材20の形成方法を説明するための斜視図である。金属成形素材20は、本発明に従う形成方法によって、すなわち金属成形素材を形成するための母材25(本発明では、便宜上、中間生成物も母材として説明する)の結晶粒を局部的に潰すことによって、この結晶粒を潰した潰結晶部26において再結晶させて形成される。再結晶される結晶粒は、微細な結晶粒となり、潰結晶部26において再結晶が完了すると微細結晶部21が形成されて、局部的に結晶粒が微細化された金属成形素材20を形成することができる。図4に示す方法では、母材25に摺動片であるピン30を挿入し、このピン30を母材25に対して摺動させながら移動させ、このピン30の移動経路に沿って局部的に結晶粒を潰し、潰結晶部26で再結晶させて結晶粒を微細化する。

【0030】図5は、図4に示す金属成形素材20の形成方法に用いられるピン30がついた回転摺動部材28を示す正面図である。回転摺動部材28を用いて、母材25の結晶粒が局部的に潰される。回転摺動部材28は、大略的に円柱状の回転基台29と、回転基台29と同軸に設けられる円柱状のピン30とを有する。回転基台29は、回転摺動部材28の軸線L1に垂直な端面31を有し、この端面31から軸線方向に突出してピン30が一体に形成されている。このような回転摺動部材28は、図示しない駆動手段によって、軸線L1まわりに回転駆動することができるとともに、軸線方向の駆動ができ、そして軸線L1に垂直な方向の変位および軸線L1と交差する軸線まわりの角変位のうちの少なくとも1

つの変位をさせることができる。

【0031】この回転摺動部材28を用いて、母材25にピン30を挿入し、回転摺動部材28を軸線L1まわりに回転方向Aに回転してピン30を母材25に対して摺動させながら、加えて軸線L1と垂直な移動方向Bに移動させ、このピン30の移動経路に沿って局部的に結晶粒を潰し、潰結晶部26で再結晶させることができる。この結晶粒をつぶし、再結晶させる機構は、回転による摩擦熱の発生およびその周辺の母材への塑性加工によって生じる。ピン30に加えて、回転基台29の端面31を母材25に摺動させるようにしてもよい。図4では、端面31も摺動させている。

【0032】図1に示すような金属成形素材20は、軸線L1を厚み方向Zに配置して長手方向Yに移動して形成される。回転摺動部材28の回転基台29の端面31における外径D1、ピン30の外径D2およびピン30の軸線方向寸法（突出長さ）T1は、結晶粒を潰すべき部分の寸法、したがって形成すべき微細結晶部21の寸法によって適宜決定される。

【0033】各外径D1、D2を大きくすれば微細結晶部21の幅が大きくなり、各外径D1、D2を小さくすれば微細結晶部21の幅を小さくすることができる。突出長さT1を大きくすれば微細結晶部21の深さ（厚み方向寸法）が大きくなり、突出長さT1を小さくすれば微細結晶部21の深さを小さくすることができる。突出長さT1は、超塑性加工をして成形するための成形素材を造るために、厚み方向全領域で結晶粒が微細化されていることが好ましく、形成すべき金属成形素材20の厚みT2とほぼ同一に決定される。たとえば微細結晶部21は端面31が摺動した側で最大幅で形成され、その最大幅W1が15mm程度であり、かつ反対側の最小幅W2が10mm程度であり、金属成形素材20の厚みT2が4～5mm程度の金属成形素材20を形成するにあたって、回転基台29の外径D1が15mmφ、ピン30の外径D2が10mmφおよび突出量T1が5mmにそれぞれ決定される。

【0034】また回転速度Nおよび移動速度Vは、金属成形素材（母材25）によって決定される。たとえば高力アルミニウム合金の場合、回転速度Nが2000min⁻¹（2000rpm）および移動速度Vが3.3mm/s（200mm/min）に決定される。また回転摺動部材28は、母材25と回転摺動されるので、母材25よりも硬く、かつ軟化点の高い材料、たとえば合金鋼SK3やステンレス鋼SUS630から成る。

【0035】図6は、図4に示す形成方法の手順を示すフローチャートである。ステップs0で、形成すべき金属成形素材20と同形状の母材25が準備されて形成作業が開始される。次にステップs1で、回転摺動部材28が回転されてピン30が回転され、次のステップs2で、このようにピン30が回転された状態でピン30が

母材25に挿入される。ピン30の母材25への挿入は、ピン30を軸線方向または軸線L1に交差する方向に移動させることによって行われる。図1に示すように微細結晶部21の両端部分が金属成形素材20の端面において外部に臨むような金属成形素材20を形成する場合には、ピン30の移動経路の移動方向B上流側に母材25から出た図4に仮想線で示すような移動開始位置35にピン30を配置し、この移動開始位置35から母材25に向けて移動方向Bに移動させることによって、ピン30を母材25に挿入することができる。

【0036】さらに具体的に述べると、ピン30が母材25に向けて移動され、母材25にピン30が接触（このとき端面31も接触している）すると、ピン30および回転基台29が母材に対して摺動され、この摺動によって発生する摩擦熱および変形熱によって母材25のピン30が接触している領域付近の部分が軟化点、たとえば高力アルミニウム合金の場合400℃以上、たとえば450℃程度に昇温されてこの部分が軟化される。このように軟化された状態でさらにピン30が移動され、軟化された母材材料は、ピン30の回転によってピンのまわりを流動（塑性流動）してピン30の移動方向B上流側に回り込む。このようにピン30は、軟化された母材材料をかき分けるようにして、母材25内に移動し、これによってピンが母材25内に挿入される。

【0037】ピン30が母材25に挿入された後、ステップs3で、回転摺動部材28が移動され、これによってピン25が所定の移動経路を、本実施の形態では母材25の長手方向に延びる幅方向に垂直な仮想平面36上を軸線L1が移動するように、母材25に対して移動される。このステップs3における母材25に対するピン25を含む回転摺動部材28の移動は、ステップs2のピン30の挿入の場合と同様に、ピン30および回転基台29と母材25との摺動によって、ピン30の周辺部分38が軟化され、軟化された母材材料が塑性流動してピン30の移動方向B上流側に回り込みながら、ピン30は、軟化された母材材料をかき分けるようにして、母材25に対して移動方向Bに移動する。

【0038】ピン30を摺動しながら移動させることによって、ピン30の周辺の母材材料を機械的に加熱し、軟化して機械的に塑性流動させて、母材25の元の結晶粒を潰し、ピン30の移動方向上流側に回り込んだ後に再結晶させる。換言すればピン30の移動方向上流側に形成された潰結晶部26において、塑性流動して回り込んだ母材材料が再結晶する。このようにピン30の移動によって、局部的に母材材料を動的再結晶および熱的再結晶させる。この再結晶は、付与される歪量が非常に大きくまた加熱されていない周辺の母材によって冷却された状態で行われるので、再結晶する結晶粒は成長せずに微細な結晶粒となる。このようにして結晶粒が微細化され、微細結晶部21が形成される。

【0039】このようなピン30の移動工程において、ピン30および回転摺動部材28の回転速度Nと移動速度Vとは、相互に関連するパラメータであり、適宜決定される。ある回転速度Nに対して、移動速度Vが小さすぎる場合には、ピン30周辺の母材材料が加熱され過ぎてしまい、エネルギーの無駄な消費をしてしまい、逆に移動速度Vが多過ぎる場合には、ピン30周辺の母材材料の加熱が不十分となり、結晶粒を潰して塑性流動させることができなくなる。したがって回転速度Nと移動速度Vとは、母材材料が必要十分に加熱昇温された状態で好適な塑性流動するように決定される。

【0040】ピン30を、このような再結晶作用を達成しながら移動させた後、ステップs5で、ピン30が回転された状態でピン30が母材25から離脱される。ピン30の母材25からの離脱は、ピン30を軸線方向または軸線L1に交差する方向に移動させることによって行われる。図1に示すように微細結晶部21の両端部分が金属成形素材20の端面において外部に臨むような金属成形素材20を形成する場合には、ピン30の移動経路の移動方向B下流側に母材25から出た図4に仮想線で示すような移動終了位置39まで、ピン30を移動方向Bに移動させることによって、ピン30を母材25から離脱することができる。このピン30の離脱工程においても、ピン30周辺の母材材料は、各ステップs2、s3ピンの挿入工程およびピンの移動工程と同様に、塑性流動されて再結晶して結晶粒を微細化する作用を達成している。

【0041】したがってピン30を回転しながら移動開始位置35から母材25に挿入し、母材25に対して移動し、さらに移動終了位置39まで移動して母材25から離脱することによって、母材25の長手方向全領域にわたって結晶粒を微細化することができる。

【0042】このようにピン30が母材25から離脱された後、ステップs5で、回転摺動部材28を回転停止し、ピン30を回転停止する。ピン30を停止させて、ステップs6で、金属成形素材20の形成作業が終了する。このようにして、金属成形素材20を形成することができる。

【0043】このような金属成形素材20によれば、微細結晶部21が、所定温度および所定歪速度で超塑性を発現し、残余部22、23は超塑性を発現しないので、この金属成形素材20を塑性加工をするにあたって、残余部が変形しないようにするための工夫が不要である。たとえば細かい領域毎に作用させる力を異ならせて変形を防止したり、または変形を防ぐための治具を用いる必要がなく、細かな作業および操作を必要としない。したがって残余部22、23が変形しないようにするための手間および治具を必要とせず、容易にかつ手間を少なくして成形することができる。

【0044】また金属成形素材20によれば、ピン30

が母材25に対して摺動されながら移動されて、このピン30の移動経路に沿って局部的に結晶粒が微細化されているので、ピン30の移動経路近傍だけで超塑性が発現する。この金属成形素材20は、微細結晶部21を除く残余部22、23の結晶粒は、微細化されておらず、成形をさらに容易にかつ形状的に精度の高い成形を可能にすることができる。

【0045】またこのように結晶粒が微細化された微細結晶部21は、常温では高い強度を有している。

【0046】またこのような金属成形素材20を形成するための前述の形成方法によれば、母材25の結晶粒が局部的に潰されることによって、この潰結晶部26において再結晶し、再結晶した結晶粒は微細な結晶粒となつて、局部的に結晶粒が微細化された微細結晶部21を形成することができる。この微細結晶部21を、所定温度および所定歪速度で超塑性が発現可能にすることができる。金属成形素材21を形成するための母材全体の結晶粒を微細化する場合と比べて、結晶粒の微細化のための処理量を少なくすることができる。したがって処理の手間を少なく、安価にかつ短時間で処理することができる。

【0047】また前述の形成方法によれば、母材25にピン30を挿入して摺動させながら移動させ、再結晶させて結晶粒を微細化するので、形成すべき金属成形素材20と同形状の母材25を準備すれば、圧延あるいは押出の場合のように厚みも変化することなくその形状を変形させずに、必要とする形状であり、かつ局部的に結晶粒が微細化された金属成形素材20を形成することができる。したがって、前述の例では、平坦板状の金属成形素材20を形成したけれども、このような板状に限らず、後述するように、たとえば筒状および棒状などの形状も含め、形成すべき金属成形素材の形状および材質に制限を受けることがない。たとえば金属成形素材は、上述のような金属によって形成できるし、アルミ鋳物などの一部を超塑性が発現するように処理して金属成形部材を形成することもできる。またピン30を摺動させながら移動させるだけで結晶粒を微細化することができるので、容易にかつ大がかりな装置を用いることなく微細化処理して金属成形素材20を形成することができる。またピン30を移動させた移動経路の近傍だけで結晶粒を微細化することができ、超塑性を発現させたい領域だけにおいて結晶粒を微細化することが可能であり、位置的に精度の高い領域の結晶粒を微細化した精度の高い金属成形素材20を形成することができるとともに、超塑性を発現させたい領域が小さい金属成形素材であっても容易に形成することができる。

【0048】図7は、金属成形素材20を用いて成形部材40を成形する成形方法を説明するための斜視図であり、図7(1)は、金属成形素材20を示し、図7(2)は、成形部材40を示す。成形部材40は、L字

形の部材であって、前述の金属成形素材20の前記微細結晶部21が超塑性加工されて成形されている。成形部材40の成形は、微細結晶部21が超塑性を発現する温度条件下で、たとえば高压ガスを用いてそのガス圧によって、超塑性を発現する歪速度条件を満たすような歪を与えることができるように、金属成形素材20に押圧力を与えて、微細結晶部21において超塑性変形させて、成形部材を形成する。さらに具体的には、たとえば図7(1)に示すように、微細結晶部21に長手方向の複数箇所厚み方向一方に押圧力F1を与えるとともに、残余部22に長手方向の複数箇所厚み方向他方(押圧力F1と反対方向)に押圧力F2を与え、かつ残余部23に長手方向の複数箇所厚み方向他方(押圧力F2と同一方向)に押圧力F3を与えることによって、微細結晶部21だけが塑性変形し、成形部材40が形成される。

【0049】このような成形方法によれば、局部的に超塑性を発現する金属成形素材20の微細結晶部21を超塑性加工し、成形部材40を成形するので残余部22、23の変形を容易に防止することができ、成形部材40を容易に成形することができる。具体的に述べると、上述のように間隔をあけた領域に押圧力を作用させて成形しても、変形させたくない部分である各残余部22、23の変形を防ぐための工夫、たとえば治具で全体を挟持しておくなどの手段を施さなくても、微細結晶部21だけを塑性変形させることができる。したがって成形が容易になり、成形装置も簡略化することができる。

【0050】またこのようにして成形された成形部材40によれば、局部的に超塑性を発現する金属成形素材20の微細結晶部21が超塑性加工されて成形されているので、超塑性を発現しない残余部22、23は、変形していない精度の高い成形部材40を得ることができる。したがって高い精度が要求される機械の部品などとして好適に用いることができる。

【0051】本発明の実施の他の形態の金属成形部材20の形成方法として、母材25を厚み方向一方側で定盤に支持させ、厚み方向他方側からピン30が挿入されるようにして、前述の各ステップs0～s6の工程を行うようにしてもよい。このように母材25の厚み方向に関して、回転摺動部材28の回転基台29とは反対側に定盤を設けることによって、母材材料が軟化されて流動化されても、流動化された母材材料は、流動化されていない周囲の母材材料と、回転摺動部材28(具体的には回転基台)と、定盤とによって囲まれた領域内にいわば閉じこめられた状態になるので、外部に漏出することが防がれ、形成される微細結晶部21の厚み方向両端面は、残余部22、23の厚み方向両端面と面一またはほぼ面一と成るように、金属成形素材20を形成することができる。またこのように定盤を用いる場合に、回転速度Nと移動速度Vとを適宜に設定することによって、移動速度Vが遅くなりすぎることによって、母材材料が軟化し

過ぎてピン30が定盤内に浸入して焼き付いてしまう不具合を防止することができる。

【0052】本発明の実施のさらに他の形態の金属成形部材20の形成方法として、微細結晶部21の両端部分が外部に露出する金属成形素材20を形成するにあたって、図4に仮想線で示すように、微細結晶部の両端部分に、ピン30の移動方向B上流側および下流側から臨むように補助部材45、46を設けるようにしてもよい。各補助部材45、46は、母材25と同一材料から成る別体の部材であって、端面31に臨む側の端面が母材25の端面31が臨む面と面一となるように設けられる。

【0053】各補助部材45、46を用いる場合、ステップs2のピン挿入工程においては、ピン30は、一旦移動開始位置側の補助部材45内に挿入し、この状態から母材25に向けて移動し、母材25内に挿入される。ピン30の補助部材45への挿入は、ピン30を回転させた状態で、軸線方向または軸線L1と交差する方向に移動して挿入すればよい。したがってたとえば前記移動開始位置35が含まれるような補助部材45を用いて、この移動開始位置35に向けて、軸線方向または軸線L1と交差する方向に移動させて補助部材45に挿入するようにしてもよい。このとき補助部材45に移動開始位置35に対応して、円柱状などの凹所を形成しておくことによってピン30の挿入を容易にすることができる。

【0054】また各補助部材45、46を用いる場合、前述のステップs4のピン離脱工程においては、ピン30は、一旦移動終了位置側の補助部材46内に移動して母材25から離脱し、補助部材46から離脱される。ピン30の補助部材46からの離脱は、ピン30を回転させた状態で、軸線方向または軸線L1と交差する方向に移動して離脱すればよい。したがってたとえば前記移動終了位置36が含まれるような補助部材46を用いて、この移動終了位置36から軸線方向または軸線L1と交差する方向に移動させて補助部材46から離脱するようにしてもよい。

【0055】このように各補助部材45、46を用いることによって、前述のようなピン30の移動に伴う塑性流動によって、母材材料が移動方向B上流側に移動しても、移動方向B上流側で余剰した母材材料は、補助部材45に回収されることになり、移動方向B下流側で不足する材料は、補助部材46から母材材料として補充されるので、前述のステップs0～s6の結晶粒の微細化作業が終了した後、各補助部材45、46を母材から切り離すことによって、母材材料が移動方向B上流側の部分で膨出したり、移動方向B下流側に凹所が形成されることを防止して、準備した母材25と形状が確実に一致した金属成形材料20を形成することができる。

【0056】なお移動方向B上流側で膨出した母材材料は、補助部材45に回収させて切り離すことに代えて、単に切り落とすようにしてもよい。したがって少なくとも

も補助部材46を用いることによって、準備した母材25と形状が確実に一致した金属成形材料20を形成することができる。

【0057】図8(1)は、本発明の実施のさらに他の形態の金属成形素材20aを示す斜視図であり、図8

(2)は、金属成形素材20aを用いて形成される成形部材40aを示す斜視図である。前述の金属成形素材20およびこれに関連する実施の形態に類似しており、対応する部分には、同一の符号を付し、異なる点だけを説明する。金属成形素材20aは、円筒状であって、軸線方向一端部に周方向に間隔をあけて、軸線方向に延びる複数の微細結晶部21aが形成されている。この微細結晶部21aは、前述の矩形平板状の金属成形素材20の場合と同様に回転摺動部材28を用い、ピン30を半径方向外方から筒状の母材に挿入して、軸線方向に移動させることによって形成される。

【0058】この金属成形素材20aを用いて、軸線方向一端部を半径方向外方に向けて押圧力を与えるようにして、各微細結晶部21aを塑性変形させることによって、図8(2)に示すように軸線方向一端部が円錐台状に拡張した成形部材40を、容易に成形することができる。このような円筒状の金属成形素材20aであっても、微細結晶部21aを除く残余部22aが変形しないようにして、成形部材を形成することができる。

【0059】図9は、成形部材40aの軸線方向一端部の端面を軸線方向に見て示す側端面図である。前述のように微細結晶部21aが周方向に間隔をあけて形成される金属成形素材20aを用いて、前述のように拡張して成形することによって、周方向に関して厚みが等間隔で変化する、具体的には各微細結晶部21aで厚みが小さく、残余部22aで厚みが大きい成形部材40aを形成することができる。

【0060】また本発明の実施の他の形態として、ピン30の一回の移動によって形成される各微細結晶部が相互にラップするようにして、微細結晶部が全周に連なる金属成形部材を形成するようにしてもよい。このような金属成形素材では、前述のように軸線方向一端部を拡張して成形することによって、周方向に関して厚みが一般的な成形部材を形成することができる。

【0061】図10は、金属成形素材20aの母材25aの軸線方向一端部を示す斜視図である。円筒状の金属成形素材20aを形成するためには、円筒状の母材25aが準備される。金属成形素材20aでは、各微細結晶部21aは、厚み方向(半径方向)には全領域にわたっており、一端部において、軸線方向に外部に臨んでいるけれども、他端部は、金属成形素材20aの軸線方向中間部に存在する。

【0062】このような金属成形素材20aを形成するにあたって、ピンの挿入工程では、ピン30は、その軸線L1を形成すべき微細結晶部21aを通る母材25a

の半径線に一致させて、半径方向内方に向けて移動させて、母材25aに挿入すればよい。さらにこのとき、ピン30を挿入すべき位置に、ピン30と同形状の凹所50を形成しておくことが好ましい。このように挿入されたピン30を軸線にそって端面の外部の移動終了位置39aまで移動させて、微細結晶部21aを形成すれば、微細結晶部21aの他端部(ピン30の移動方向上流側の端部)における母材材料の膨出を防ぐことができる。また母材25aの軸線方向他端部に外周面が面一となるような環状の補助部材46aを設けておいて、補助部材46aに移動するように母材25aから離脱するようにすることによって、微細結晶部の21aの一端部に凹所が形成されることを防止できる。またこのような円筒状の金属成形素材を形成する場合には、内部に円柱状の支持部材を挿入しておくことによって、平板の金属成形素材を形成する場合に定盤を用いて得られる効果と同様の効果を達成することができる。

【0063】図11は、本発明の実施のさらに他の形態の金属成形素材20bの軸線方向一端部を示す斜視図である。金属成形素材21bは、金属成形素材20aと類似している。異なる点は、周方向に交互に、軸線方向の長さが異なる微細結晶部21b1、21b2が形成される点であって他は同様である。各微細結晶部21b1、21b2は、いずれも軸線方向一端部の端面から軸線方向に延びており、軸線方向の長さが大きい微細結晶部21b1と、軸線方向の長さが小さい微細結晶部21b2とが、周方向に交互に形成される。このような金属成形素材20bは、軸線方向一端部において、端面に向かうにつれて拡張しやすくなる。したがって軸線方向一端部が円錐台状に拡張する成形部材を容易に成形することができる。

【0064】図12(1)は、本発明の実施のさらに他の形態の金属成形素材20cを示す斜視図であり、図12(2)は、金属成形素材20cを用いて形成される成形部材40cを示す斜視図である。前述の金属成形素材20およびこれに関連する実施の形態に類似しており、対応する部分には、同一の符号を付し、異なる点だけを説明する。金属成形素材20cは、円筒状であって、軸線方向中間部に相互に間隔をあけて螺旋状に延びる微細結晶部21cが形成されている。この微細結晶部21cは、前述と同様に回転摺動部材28を用い、ピン30を半径方向外方から筒状の母材に挿入して、螺旋状に移動させることによって形成される。

【0065】この金属成形素材20cを用いて、軸線方向両端部と軸線方向中間部とで反対方向に押圧力を与えるようにして、微細結晶部21cを塑性変形させることによって、図12(2)に示すように軸線方向中間部で屈曲した筒状の成形部材40cを、容易に成形することができる。このような金属成形素材20cであっても、微細結晶部21cを除く残余部22cが変形しないよう

にして、成形部材を形成することができる。

【0066】図13は、金属成形素材20cの母材25cの一部を示す断面図である。金属成形素材20cのように微細結晶部21cの両端部が外部に露出していない場合には、金属成形素材20cを形成するにあたって、ピン挿入工程において、図10を参照して説明したように母材25cに凹所を形成しておくことによって、前述のように母材材料の膨出を防ぐことができる。またこの場合、楔状の補助部材46cを、その尖頭の端部を微細結晶部21cのピン30の移動方向下流側の端部分に位置させて、尖頭の端部から遠ざかるにつれて拡張する各端面51、52の一方51を母材表面に当接させて設け、ピン30を母材25cに挿入された状態53から、回転基台29の端面31が補助部材46cの前記拡張する各端面51、52の他方52に沿って移動し、移動終了位置39cが補助部材46c内に存在する状態54に移動させればよい。これによって補助部材46cから材料を補充して、金属成形素材20cに凹所が形成されないようにすることができる。

【0067】図14(1)は、本発明の実施のさらに他の形態の金属成形素材20dを示す斜視図であり、図14(2)は、金属成形素材20dを用いて形成される成形部材40dを示す斜視図である。前述の金属成形素材20およびこれに関連する実施の形態に類似しており、対応する部分には、同一の符号を付し、異なる点だけを説明する。金属成形素材20dは、平板状であって、一角部寄りの領域に渦巻状の微細結晶部21dが形成されている。この微細結晶部21dは、前述と同様に回転摺動部材28を用い、ピン30を厚み方向から母材に挿入して、渦巻状に移動させることによって形成される。

【0068】この金属成形素材20dを用いて、微細結晶部21dが形成される領域を厚み方向一方から押圧し、その周辺領域を厚み方向他方から押圧して、微細結晶部21dを塑性変形させることによって、図14(2)に示すように一部領域が残余の平坦状の領域から隆起した形状の成形部材40dを、容易に成形することができる。このような矩形状の金属成形素材20dであっても、微細結晶部21dを除く残余部22dが変形しないようにして、成形部材を形成することができる。

【0069】図15(1)は、本発明の実施のさらに他の形態の金属成形素材20eを示す斜視図であり、図15(2)は、金属成形素材20eを用いて形成される成形部材40eを示す斜視図である。前述の金属成形素材20およびこれに関連する実施の形態に類似しており、対応する部分には、同一の符号を付し、異なる点だけを説明する。金属成形素材20eは、長手方向に垂直な断面形状がL字状の素材であって、長手方向中央部にこの中央部全体にわたる微細結晶部21eが形成されている。この微細結晶部21eは、前述と同様に回転摺動部材28を用い、ピン30を厚み方向から母材に挿入し

て、移動経路がラップするようにして、中央部全体に移動させることによって形成される。

【0070】この金属成形素材20eを用いて、微細結晶部21eが形成される中央部と長手方向両端部とを相互に反対側から押圧し、微細結晶部21eを塑性変形させることによって、図15(2)に示すように中央で屈曲した断面L字形の成形部材40eを、容易に成形することができる。このようなL字形の金属成形素材20eであっても、微細結晶部21eを除く残余部22eが変形しないようにして、成形部材を形成することができる。

【0071】本発明の実施のさらに他の形態の金属成形素材の形成方法として、融点未満の変態点で相変態する金属、たとえば炭素鋼から成る金属成形素材を形成するための母材を、局部的に前記変態点を通過する温度変化サイクルで熱処理を繰返して、この熱処理をした微細結晶部の結晶粒を微細化するようにしてもよい。具体的には、たとえば図1の金属成形素材20を形成する場合、母材25の微細結晶部を形成すべき部分を加熱手段を用いて上記の熱処理をするとともに、残余部に相当する部分は、冷却手段を用いて冷却して加熱手段による熱処理が行われないようにして、金属成形素材20が形成される。このように部分的に熱処理をすることによって、この熱処理される部分が相変態して元の結晶粒が潰され、この潰結晶部で熱的再結晶する。この再結晶される結晶粒が大きく成長しないように、熱処理をすることによって、結晶粒を微細化することができる。

【0072】このように熱処理する金属成形素材の形成方法によれば、母材25を、局部的に変態点を通過する温度変化サイクルで熱処理を繰返して再結晶させ、微細結晶部21の結晶粒を微細化するので、形成すべき金属成形素材20と同形状の母材を準備すれば、その形状を変形させることなく、必要とする形状であり、かつ局部的に結晶粒が微細化された金属成形素材20を形成することができる。また平坦板状に限らず、図8、図11、図12、図14および図15に示すような形状、またたとえば筒状および棒状などの形状も含め、形成すべき金属成形素材の形状に制限を受けることがない。また熱処理をするだけで結晶粒を微細化することができるので、形成が容易である。また熱処理した領域近傍だけで結晶粒を微細化することができ、超塑性を発現させたい領域だけにおいて結晶粒を微細化することが可能であり、位置的に精度の高い領域の結晶粒を微細化した精度の高い金属成形素材を形成することができる。また熱処理は広範囲にわたって処理することが可能であり、超塑性を発現させるべき微細結晶部21が広い金属成形素材20であっても容易に形成することができる。このような効果は、形状に拘らず達成される。

【0073】またこのような熱処理して形成される金属成形素材20もまた、熱処理領域近傍だけで超塑性が発

現する。この金属成形素材20は、微細結晶部21を除く残余部22、23の結晶粒は、微細化されておらず、成形をさらに容易にかつ形状的に精度の高い成形を可能にすることができる。

【0074】本発明の実施の他の形態として、ピン30を回転しながら移動させる方法において、母材25を加熱するようにして、母材25を軟化点に到達しやすくしてもよい。これによって、ピン30の移動速度Vを大きくして、形成時間を短縮することができる。このとき結晶粒を微細化したくない部分が軟化点以上に昇温されないように加熱する。

【0075】また本発明の実施のさらに他の形態として、母材材料を塑性流動させるために回転されるピン30に代えて、往復ピストン運動される摺動片をその往復運動の方向と交差する方向に移動させるようにしてもよい。このような方法によってもピン30を回転させる場合と同様に金属成形素材を形成することができる。

【0076】

【発明の効果】請求項1記載の本発明によれば、結晶粒が微細化された微細結晶部が、所定温度および所定歪速度で超塑性を発現し、残余部は超塑性を発現しないので、この金属成形素材を塑性加工をするにあたって、残余部が変形しないようにするために細かい領域毎に作用させる力を異ならせるまたはそのための治具を用いるなどの細かな作業および操作を必要としない。したがって残余部が変形しないようにするための手間および治具を必要とせず、容易にかつ手間を少なくして成形することができる。

【0077】請求項2記載の本発明によれば、摺動片が母材に対して摺動されながら移動されて、この摺動片の移動経路に沿って局部的に結晶粒が微細化されているので、摺動片の移動経路近傍だけで超塑性が発現する。この金属成形素材は、微細結晶部を除く残余部の結晶粒は、微細化されておらず、成形をさらに容易にかつ形状的に精度の高い成形を可能にすることができる。

【0078】請求項3記載の本発明によれば、本発明に従えば、母材が局部的に変態点を通過する温度変化サイクルで熱処理が繰返されて局部的に結晶粒が微細化されているので、熱処理領域近傍だけで超塑性が発現する。この金属成形素材は、微細結晶部を除く残余部の結晶粒は、微細化されておらず、成形をさらに容易にかつ形状的に精度の高い成形を可能にすることができる。

【0079】請求項4記載の本発明によれば、母材の結晶粒が局部的に潰されることによって、この潰結晶部において再結晶し、再結晶した結晶粒は微細な結晶粒となる。これによって局部的に結晶粒が微細化され、この微細結晶部を、所定温度および所定歪速度で超塑性が発現可能にすることができる。金属成形素材を形成するための母材全体の結晶粒を微細化する場合と比べて、結晶粒の微細化のための処理量を少なくすることができる。し

たがって処理の手間を少なく、安価にかつ短時間で処理することができる。

【0080】請求項5記載の本発明によれば、母材に摺動片を挿入して摺動させながら移動させ、再結晶させて結晶粒を微細化するので、形成すべき金属成形素材と同形状の母材を準備すれば、その形状を変形させることなく、必要とする形状であり、かつ局部的に結晶粒が微細化された金属成形素材を形成することができる。したがって平坦板状に限らず、たとえば筒状および棒状などの形状も含め、形成すべき金属成形素材の形状に制限を受けることがない。また摺動片を摺動させながら移動させるだけで結晶粒を微細化することができるので、容易にかつ大がかりな装置を用いることなく微細化処理して金属成形素材を形成することができる。また摺動片を移動させた移動経路の近傍だけで結晶粒を微細化することができ、超塑性を発現させたい領域だけにおいて結晶粒を微細化することが可能であり、場所的に精度の高い領域の結晶粒を微細化した精度の高い金属成形素材を形成することができるとともに、超塑性を発現させたい領域が小さい金属成形素材であっても容易に形成することができる。

【0081】また従来の超塑性成形可能な材料は、再結晶成長が抑制される合金成分が含まれるもの等、非常に狭い範囲であったが、本方法によれば、広い範囲の材料を微細結晶化でき、超塑性可能にできる。

【0082】請求項6記載の本発明によれば、母材を、局部的に変態点を通過する温度変化サイクルで熱処理を繰返して再結晶させ、微細結晶部の結晶粒を微細化するので、形成すべき金属成形素材と同形状の母材を準備すれば、その形状を変形させることなく、必要とする形状であり、かつ局部的に結晶粒が微細化された金属成形素材を形成することができる。したがって平坦板状に限らず、たとえば筒状および棒状などの形状も含め、形成すべき金属成形素材の形状に制限を受けることがない。また熱処理をするだけで結晶粒を微細化することができるので、形成が容易である。また熱処理した領域近傍だけで結晶粒を微細化することができ、超塑性を発現させたい領域だけにおいて結晶粒を微細化することが可能であり、場所的に精度の高い領域の結晶粒を微細化した精度の高い金属成形素材を形成することができる。また熱処理は広範囲にわたって処理することが可能であり、超塑性を発現させるべき微細結晶部が広い金属成形素材を容易に形成することができる。

【0083】請求項7記載の本発明によれば、局部的に超塑性を発現する金属成形素材の微細結晶部が超塑性加工されて成形されているので、超塑性を発現しない残余部は、変形していない精度の高い成形部材を得ることができる。

【0084】請求項8記載の本発明によれば、局部的に超塑性を発現する金属成形素材の微細結晶部を超塑性加

工し、成形部材を成形するので残余部の変形を容易に防止することができ、成形部材を容易に成形することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の実施の一形態の金属成形素材 20 を示す斜視図である。

【図 2】図 1 の切断面線 I-I から見た断面図である。

【図 3】図 2 の微細結晶部 21 を拡大して示す断面図である。

【図 4】金属成形素材 20 の形成方法を説明するための斜視図である。

【図 5】回転摺動部材 28 を示す正面図である。

【図 6】金属成形素材 20 の形成手順を示すフローチャートである。

【図 7】金属成形素材 20 および成形部材 40 を示す斜視図である。

【図 8】本発明の実施の他の形態の金属成形素材 20 a および成形部材 40 a を示す斜視図である。

【図 9】金属成形素材 20 a の軸線方向一端部の端面を示す側端面図である。

【図 10】母材 25 a を示す斜視図である。

【図 11】本発明の実施のさらに他の形態の金属成形素材 20 b を示す斜視図である。

【図 12】本発明の実施のさらに他の形態の金属成形素

材 20 c および成形部材 40 c を示す斜視図である。

【図 13】母材 25 c を示す断面図である。

【図 14】本発明の実施のさらに他の形態の金属成形素材 20 d および成形部材 40 d を示す斜視図である。

【図 15】本発明の実施のさらに他の形態の金属成形素材 20 e および成形部材 40 e を示す斜視図である。

【図 16】従来の技術の成形部材 1 を示す斜視図である。

【図 17】従来の技術の他の成形部材 7 を示す斜視図である。

【図 18】従来の技術の成形部材 10 を示す斜視図である。

【符号の説明】

20, 20 a ~ 20 e 金属成形素材

21, 21 a ~ 21 e 微細結晶部

22, 22 a ~ 22 e, 23 残余部

25 母材

26 潰結晶部

28 回転摺動部材

29 回転基台

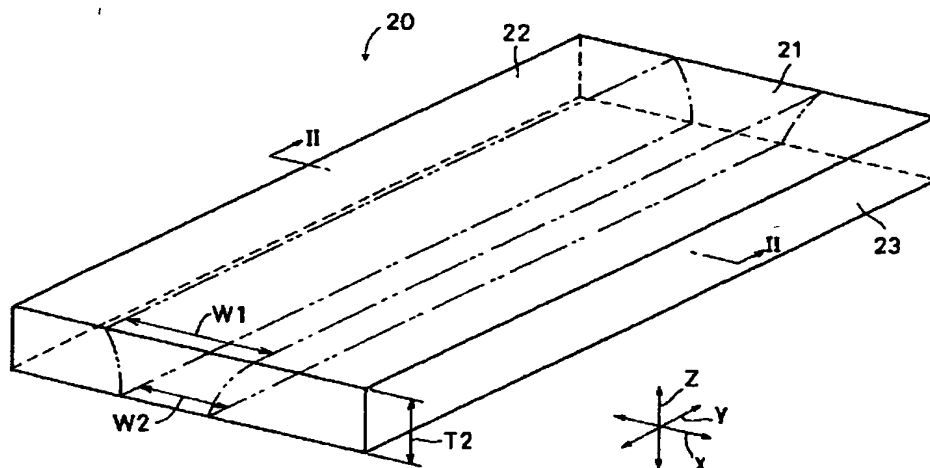
30 ピン

31 端面

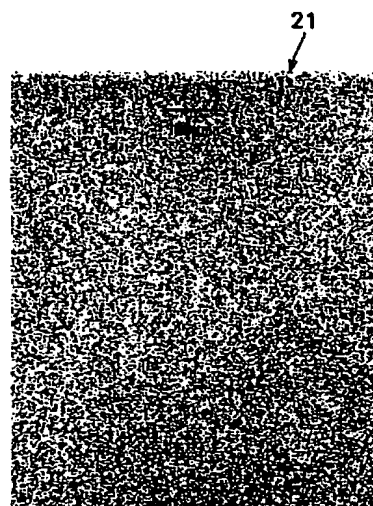
40 成形部品

45, 46, 46 a, 46 c 補助部材

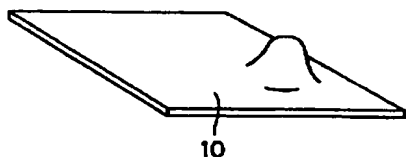
【図 1】



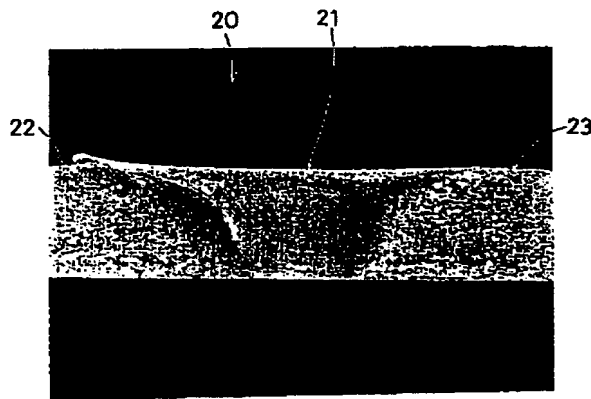
【図 3】



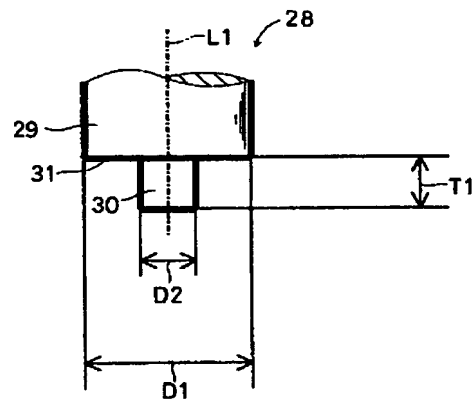
【図 18】



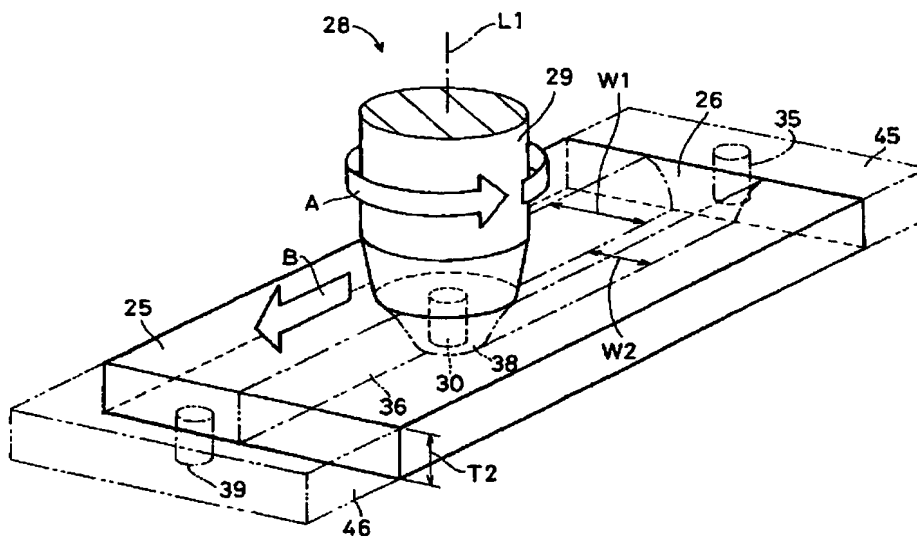
【図2】



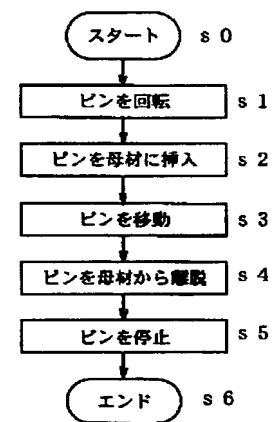
【図5】



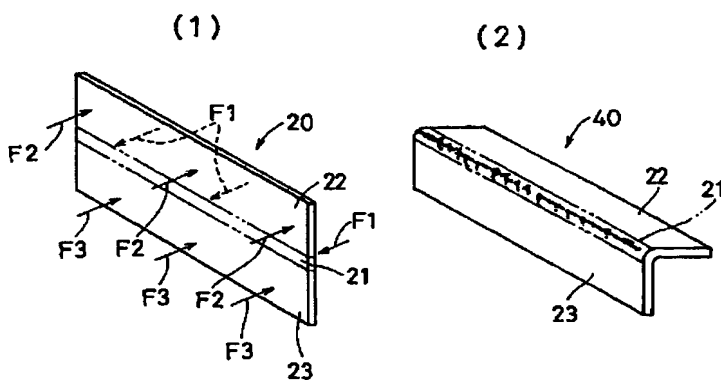
【図4】



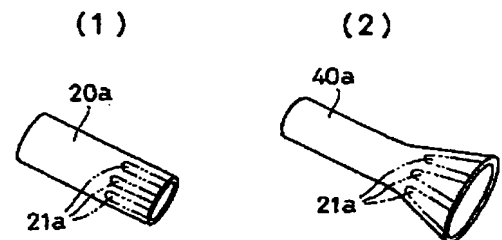
【図6】



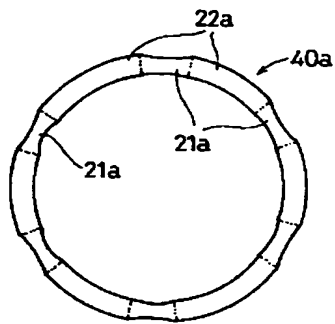
【図7】



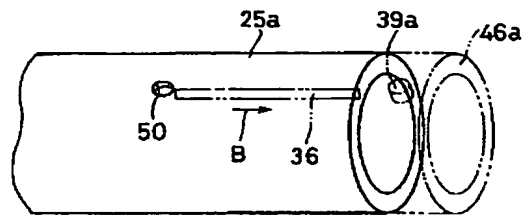
【図8】



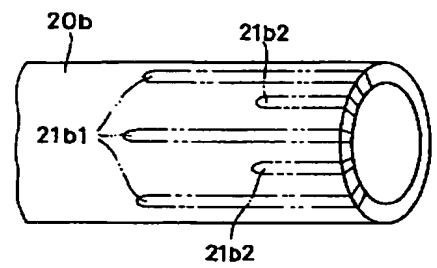
【図9】



【図10】

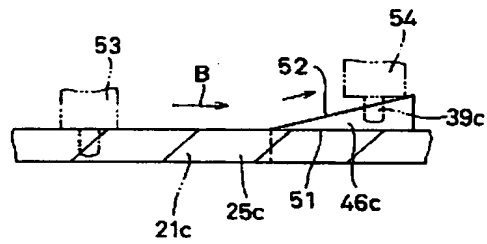
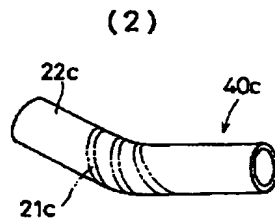
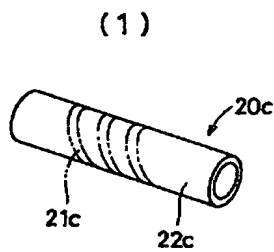


【図11】



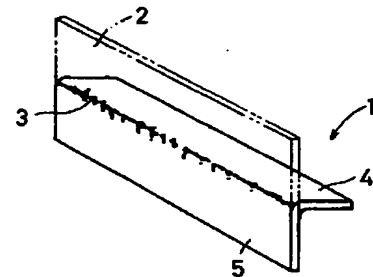
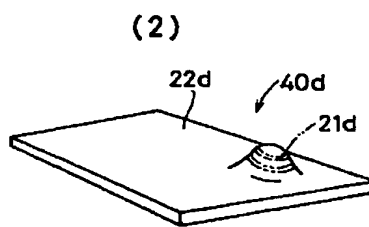
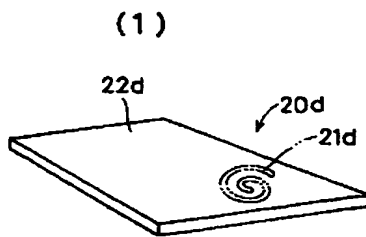
【図13】

【図12】



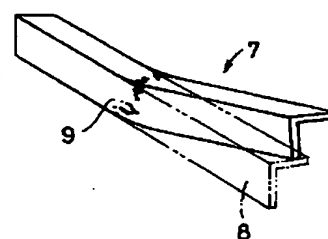
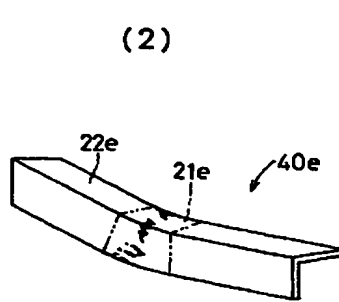
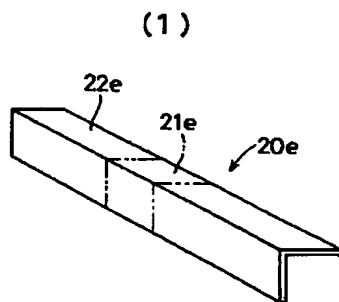
【図16】

【図14】



【図15】

【図17】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7

識別記号

F I

フィールド (参考)

C 2 2 K 3:00

C 2 2 K 3:00

(72) 発明者 池本 喜和

兵庫県神戸市中央区東川崎町 3 丁目 1 番 1

号 川崎重工業株式会社神戸工場内